

医学人工智能3D打印的现状和未来

窦家琪¹, 金 泽¹, 王宣人¹, 王 文^{2*}

¹空军军医大学基础医学院学员队, 陕西 西安

²空军军医大学唐都医院影像科, 陕西 西安

收稿日期: 2026年4月10日; 录用日期: 2026年7月2日; 发布日期: 2026年7月14日

摘 要

医学AI与3D打印相互结合, 推进医疗朝着精细化、个性化发展, AI利用大数据分析及精确模拟等手段来应对3D打印模型误差高、匹配度低等情况, 在专属器具、组织工程骨架、手术方案设计等方面进行临床实践, 极大提高诊断治疗的速度和质量。AI算法还不成熟、生物相容性材料稀缺、难以应用于临床等问题还制约着医学AI与3D打印的发展, 但是二者交叉融合有着巨大的发展空间, 未来会有更多的技术创新出现, 在再生医学、远程医疗等应用领域都会见到他们的身影, 使医疗服务更加符合每个病人的需求, 给难治性疾病治疗带来新的思路, 促进人类健康事业不断进步。

关键词

医学人工智能, 3D打印, 临床应用, 精准医疗, 组织工程

The Current Status and Future of Medical Artificial Intelligence 3D Printing

Jiaqi Dou¹, Ze Jin¹, Xuanren Wang¹, Wen Wang^{2*}

¹Cadet Team of Basic Medical College, Air Force Medical University, Xi'an Shaanxi

²Department of Radiology, Tangdu Hospital, Air Force Medical University, Xi'an Shaanxi

Received: April 10, 2026; accepted: July 2, 2026; published: July 14, 2026

Abstract

The integration of medical AI and 3D printing is propelling medical care towards refinement and personalization. AI utilizes big data analysis and precise simulation to address issues such as high errors and low matching degrees in 3D printing models. Clinical practices in areas like custom-made instruments, tissue engineering scaffolds, and surgical plan design have significantly enhanced the speed and quality of diagnosis and treatment. However, challenges such as immature AI

*通讯作者。

文章引用: 窦家琪, 金泽, 王宣人, 王文. 医学人工智能 3D 打印的现状和未来[J]. 生物医学, 2026, 16(4): 686-692.
DOI: 10.12677/hjbm.2026.164070

algorithms, scarcity of biocompatible materials, and difficulties in clinical application still hinder the development of medical AI and 3D printing. Nevertheless, the intersection and integration of the two technologies offer vast potential for growth. In the future, we can expect to see more technological innovations in fields like regenerative medicine and telemedicine, making medical services more tailored to individual patient needs, bringing new insights to the treatment of intractable diseases, and promoting continuous progress in human health.

Keywords

Medical Artificial Intelligence, 3D Printing, Clinical Application, Precision Medicine, Tissue Engineering

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

目前医学科学技术正处于精确化、个性化发展的时期，传统的医疗模式在疑难杂症治疗以及个性化的器具加工制作上存在着极大的不足，需要创新技术加以革新。医学人工智能同 3D 打印技术相互融合，使得医学成像解读、数字重建到实际加工的过程连贯起来，在临床手术，器官修补等方面得到广泛应用。本文基于二者的结合应用现状、存在的问题和技术难题等方面开展系统的研究，对未来的走向和发展趋势进行探讨，充分展示出它的革新性成果对于现代医学的重要影响，以期能够给相关的研究工作及临床实践带来一定的借鉴作用。

2. 医学人工智能 3D 打印应用中的现存问题与短板

医学人工智能与 3D 打印的融合应用契合医疗精细化、个体化发展方向，依托 AI 图像解析构建三维模型，搭配 3D 打印完成实体成型，结合新型生物材料升级，为复杂手术规划、特殊器械研发、组织修复等提供全新解决方案，破解部分诊疗难题，发展潜力可观，但实际落地仍面临诸多深层次瓶颈。技术上，AI 建模核心算法存在不足，主流 U-Net 系列算法在复杂器官及少见病灶分割中易受干扰，精准度仅 75%~85%，难以满足 3D 打印高精度需求；GANs 算法生成结果不稳定，Transformer 算法在小样本场景下泛化能力下降，无法适配基层需求。3D 打印环节，生物材料适配性突出，PLA 材料降解速度与组织修复节奏不匹配，钛合金材料生物相容性欠佳，12%~18%患者会出现植入排斥反应[1]-[3]。设备方面，高端医用 3D 打印机造价达 50~200 万元，加工效率低，单个人体器官模型打印需 4~8 小时，无法满足急诊需求。临床转化中，缺乏统一技术评估体系，产品质量参差不齐，个性化植入器械审批周期长达 6~12 个月[4]-[6]。医学大数据标准化低，存在共享与隐私保护矛盾，数据脱敏不完善，难以支撑 AI 训练且有隐私泄露隐患。伦理层面，数据隐私与所有权界定模糊，AI 算法存在偏见，3D 打印生物器官伦理边界不明确，且相关研究忽视失败案例，导致结论缺乏全面性与客观性。

3. 针对现存问题的医学人工智能 3D 打印技术优化与解决路径

3.1. 优化医学人工智能建模技术，提升精准性与泛化能力

3.1.1. 升级核心算法适配复杂临床场景

结合临床实际诊疗需求，针对 AI 算法在医学影像分割、模型重建中的薄弱环节，对核心算法实施靶

向优化。针对 U-Net 系列算法,引入 SE-Net、CBAM 等注意力机制,强化病灶边缘及微小病变特征提取,采用 Dice Loss 与交叉熵损失融合的损失函数,削弱影像噪声、伪影干扰,将复杂器官及少见病灶分割精准度提升至 90%以上。针对 GANs 算法生成不稳定弊端,采用 CGAN,以临床影像标注数据约束生成过程,减少虚假解剖结构。针对 Transformer 算法小样本适配不足问题,融合联邦学习与迁移学习,依托多中心数据协作,将三甲医院成熟建模数据迁移至基层并微调模型[7]-[9]。同时,运用 Grad-CAM 等可视化技术呈现模型决策流程,帮助临床医师理解逻辑,为高精度 3D 打印提供技术支撑。

3.1.2. 完善数据源体系,平衡数据规范与隐私保护

围绕医学人工智能结合 3D 打印建模需求,联合多中心医疗机构与科研单位制定统一医学影像采集标注标准,明确 CT、MRI、彩超多模态影像格式、采集参数及病灶解剖结构标注准则,破除机构数据壁垒,实现标准化归集共享。运用差分隐私、同态加密等脱敏技术,对患者隐私与影像资料加密管控,划定数据使用范围及主体责任,在保障隐私安全前提下推进多中心数据协作[10][11]。深化医研企协同,搭建跨机构数据共享平台,扩充不同年龄、病种、设备类型的临床样本,提升 AI 模型精准度与适用范围。健全数据伦理规范,明晰权属划分,杜绝未授权数据挖掘与滥用行为,建立使用追溯机制,实现数据开放共享与隐私防护双向平衡。

3.2. 升级 3D 打印技术与材料体系,破解适配性与成本瓶颈

3.2.1. 改进打印工艺,提升设备效能与成型质量

面对医用 3D 打印效率不足、投入成本居高不下的行业现状,可对 FDM、SLA 等主流成型工艺开展参数优化,通过调整打印层高、喷头温度、扫描速率等关键指标,把人体器官模型制作时长压缩至 2~4 小时,适配急诊临床救治时效要求。同时开发小型轻量化医用打印设备,精简硬件架构与操作步骤,将购置成本管控在 10~30 万元,简化运维保养流程,便于基层及社区医疗机构普及落地[12]-[15]。在打印流程中融入在线监测手段,依托机器视觉、红外检测全程实时巡检,及时识别层间开裂、尺寸偏移等成型缺陷,自动修正工艺参数,把模型尺寸误差严格控制在 ± 0.1 mm 范围内,保障定制化模型与医用器械的成型品质达标,整体强化整套技术体系的临床适配性与运行稳定性。

3.2.2. 研发高性能适配材料,提升临床适用性

结合医学人工智能与 3D 打印的临床需求,加大生物医用材料研发创新力度,重点攻关生物相容性优良、可降解性可控、力学性能突出的新型材料。针对可降解材料适配性不足问题,研发 PLGA 与 HA 复合生物材料,通过调控配比,使降解速度与人体组织修复进程精准契合,减少植入物排斥反应及降解不均问题,适配组织工程支架、小型植入器械需求[16][17]。结合各科室个性化需求丰富材料品类,骨科研发钛合金与生物陶瓷复合材料,软组织修复领域研发柔性高分子水凝胶,口腔科研发生物活性陶瓷,分别适配各领域临床需求。同时,通过动物实验与临床试点强化材料性能验证,明确适用场景与使用禁忌,为临床规范化应用提供科学支撑。

3.3. 完善临床转化体系,推动技术规模化落地

3.3.1. 统一临床验证标准,简化审批流程

联动医疗机构、科研院所、行业协会与监管部门,围绕手术规划、植入器械制备、组织工程支架等应用场景,制定医学人工智能与 3D 打印技术统一临床验证规范,明确适用适应症、临床操作准则及模型精度、材料相容性、临床疗效等评价指标,从制度层面规范技术应用全流程,保障产品与临床应用安全合规[18]-[20]。推动监管部门优化审批机制,为个性化医疗器械、AI 建模成果开设临床转化绿色通道,

精简审批环节，将定制植入器械审批周期压缩至 3~6 个月，提升临床转化效率。同步建立动态监测体系，长期追踪 3D 打印制品远期临床效果，研判植入物降解产物安全、AI 模型长期运行稳定性等关键问题，及时排查应用隐患，支撑技术持续迭代升级。见图 1 所示：

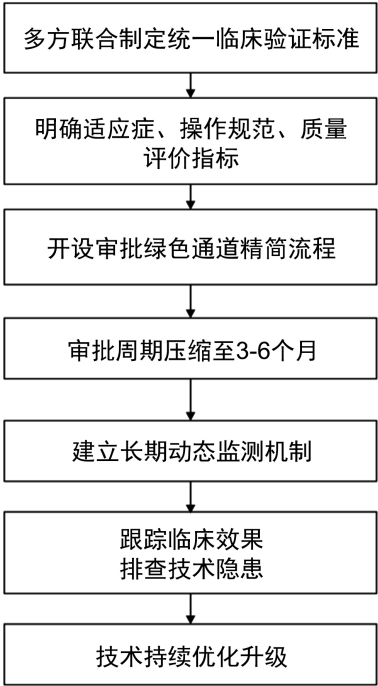


Figure 1. Medical AI 3D printing: Unifying clinical validation standards and simplifying approval processes
图 1. 医学人工智能 3D 打印：统一临床验证标准与简化审批流程

3.3.2. 搭建专业技术团队，强化人才支撑

医学人工智能 3D 打印兼具医学、人工智能、材料科学、机械工程等多重跨学科属性，需构建分层递进的人才培养体系。高校可开设交叉学科课程，整合医学影像、智能算法建模与 3D 打印相关知识，培育兼具临床思维、算法设计及设备实操能力的复合型专业人才。在临床实习环节，着重加强医学生在 AI 建模、打印操作、设备运维等实操训练，适配各级医疗机构的实际应用需求[21]-[23]。深化产学研深度协作，医院联合高校与企业共建人才培育平台，汇聚人工智能、生物制造、新材料领域专业人才，组建专职研发与技术服务队伍，面向基层机构开展技术帮扶与人员培训，缓解基层专业人才匮乏、设备运维乏力的困境。完善人才考核与激励制度，引导从业人员投身技术研发与临床实践，稳步提升队伍专业素养与创新实力，为该项技术产业化落地与规范化推广夯实人才保障。

4. 医学人工智能 3D 打印技术优化后的应用成效与实践价值

4.1. 提升临床诊疗精准度与效率，改善患者诊疗体验

技术优化后的医学 AI 与 3D 打印融合模式，打破传统诊疗固有局限，诊疗精准度与运行效率得到全面提升，患者就医感受也得到明显改善。以复杂骨肿瘤手术为例，某三甲医院运用优化 U-Net++ 算法，对股骨远端骨肉瘤患儿多模态影像开展分割解析，精准勾勒肿瘤边界与周边血管神经解剖关系，依托迁移

学习优化建模流程, 三维模型与真实解剖结构匹配度超 98%。借助 3D 打印制作手术导板与定制钛合金假体, 术中可精准剥离病灶、保护正常组织, 假体植入贴合度良好, 患者术后关节功能恢复理想, 住院时长、术中出血量均显著下降, 并发症发生率由 25%降至 8%。在脊柱侧弯矫治方面, AI 可精准识别畸形特征, 3D 打印定制支具贴合度超 95%, 佩戴舒适度与矫治效果均优于传统产品。二者协同应用可简化诊疗流程、压缩手术用时, 降低手术风险与病患痛苦, 实现个体化精准施治, 切实优化临床疗效与就医体验[24] [25]。

4.2. 推动医学多学科融合与技术创新, 完善行业发展体系

医学人工智能 3D 打印技术的优化, 有效打破医学、人工智能、材料科学等多学科壁垒, 推动交叉融合, 为医疗技术创新注入新动能。AI 算法升级与 3D 打印工艺改进, 促进医学影像学、生物医学工程等领域协同发展, 催生出 AI 辅助影像融合系统、个性化植入器械等新型产品, 丰富医学技术体系。多学科融合推动人才培养模式创新, 复合型人才培育既满足该领域需求, 也为医疗行业发展提供支撑。同时, 统一的临床验证标准、优化的审批流程及完善的人才体系, 推动形成“研发-改良-临床应用-推广”的闭环产业链, 规范技术应用。结合相关研究[26]-[28], 3D 打印引导的微创手术较传统手术, 术中出血量、术后恢复时间显著减少, 治疗有效率明显提升, 彰显技术临床价值。此外, 技术创新提升我国高端医疗技术全球竞争力, 推动相关产业向规范化、高质量发展。

4.3. 优化社会医疗资源配置, 助力医疗健康高质量发展

技术优化有效降低医学人工智能 3D 打印的设备成本与使用门槛, 推动技术向基层延伸, 优化医疗资源配置, 为医疗健康高质量发展提供支撑。小型化、低成本医用 3D 打印机的普及, 让基层及社区医院可开展个性化诊疗, 缩小不同地区、等级医院的诊疗差距, 减轻患者跨地域就医负担。高性能生物材料的应用, 使定制化医疗器械价格平均降低 20%~30%, 减少器械不适配及术后并发症带来的二次医疗支出, 节约医疗资源。再生医学领域, AI 辅助 3D 打印的仿生支架, 为软骨损伤等难治性疾病提供新路径, 推动医疗服务从“治病”向“治未病”转型。此外, 技术普及带动相关产业发展, 形成完整产业链, 创造就业岗位, 推动医疗健康产业多元化[29] [30]。同时, 完善伦理规范、总结失败案例, 规避技术应用风险, 保障其健康可持续发展, 为全民健康筑牢基础。

5. 结语

本文围绕医学人工智能与 3D 打印的融合应用展开研究, 深入剖析了当前该技术落地中的深层次问题, 包括 AI 算法存在短板、生物材料适配性欠佳、临床转化受阻、伦理与社会影响考量不足及失败案例研究缺位等, 针对性提出算法优化、材料创新、完善临床转化体系等解决路径, 并结合临床案例与文献分析, 明确了技术优化后的应用成效与实践价值。医学人工智能与 3D 打印的深度融合, 是医疗向精准化、个性化发展的必然趋势, 兼具重大学科变革意义与极强现实应用价值。未来需持续推进技术创新, 突破核心瓶颈, 健全伦理规范与产业链条, 注重失败案例总结分析, 推动技术优化升级, 助力精准医疗发展, 为国民健康事业贡献力量。

参考文献

- [1] 黄家虎, 杨楠, 何强, 等. 3D 打印可视化模型在脊柱畸形手术中的应用[J]. 华西医学, 2026, 41(1): 47-53.
- [2] 陈勇, 廖成全, 姚世源, 等. 3D 打印辅助技术在主动脉腔内修复术中的应用效果观察[J]. 医药前沿, 2025, 15(36): 65-68.
- [3] 张传勃, 万成亮, 海波, 等. 基于 3D 打印的案例教学法在小儿腹部肿瘤临床教学中的应用效果研究[J]. 延边大

- 学学报(自然科学版), 2025, 51(4): 143-147.
- [4] 郝桂华, 郭雨, 罗丁豪, 等. 3D 打印悬吊式经口气管插管固定器的设计及有限元分析[J]. 医用生物力学, 2025, 40(6): 1616-1622.
- [5] 谢亮文, 陈青植, 叶佳亮, 等. 3D 打印与增强现实技术在髌白骨折临床教学中的应用研究[J]. 中国医药科学, 2025, 15(21): 174-178.
- [6] 蔡怀秋, 王思明, 马毓莹, 等. 3D 打印与混合现实技术融合的心脏超声教学模式研究[J]. 创新创业理论研究与实践, 2025, 8(23): 109-112.
- [7] 张航, 王华君, 石凤梧, 等. 3D 打印技术在经导管主动脉瓣置换术治疗二叶式主动脉瓣狭窄中的应用[J]. 中国医科大学学报, 2025, 54(10): 942-945+957.
- [8] 汪夏艳, 黄丰伟. 3D 打印与数控加工技术在医疗设备维修中的应用实例[J]. 医疗装备, 2025, 38(19): 27-29+38.
- [9] 蔡成琛, 陈熙栩, 陈丽朱. 新医科背景下 3D 打印个性化康复支具在手腕损伤治疗中的教学实践研究[J]. 大学, 2025(35): 53-56.
- [10] 杨掌权, 葛文杰, 王兴征, 等. 3D 打印结合 Mimics 软件制作导航模板在 TPF 内固定术中的临床增益效果研究[J]. 中国医疗设备, 2025, 40(12): 59-65.
- [11] 李宇津, 倪家森, 茅伟青, 等. 国产 3D 打印微创钨合金针形电极的生物相容性和临床前实验[J]. 中国组织工程研究, 2026, 30(26): 6859-6867.
- [12] 李渺苗, 胡声, 蒋涛, 等. 与肺部 CT 对应的 3D 打印肺模型在肺段教学中的应用[J]. 全科医学临床与教育, 2025, 23(9): 829-831+865.
- [13] 郭自同, 郑峥, 蒋玉洁, 等. 3D 打印主动脉根部模型指导经导管主动脉瓣置换术的单中心研究[J]. 新疆医学, 2025, 55(9): 1047-1051.
- [14] 吴迪, 李春根, 尹辛成, 等. 新医科背景下 CBL 结合 3D 打印在中医骨伤科学临床教学中的应用研究[J]. 中国中医药现代远程教育, 2025, 23(18): 45-47.
- [15] 王志远, 黄伟, 胡广, 等. 3D 打印微孔钛合金椎间融合器在腰椎退变性疾病手术中的应用[J]. 临床医学, 2025, 45(9): 1-4.
- [16] 付开霞, 吕洁琼, 黄山, 等. 基于互联网+3D 打印精准剂量的个性化药学服务新模式研究[J]. 中国现代应用药学, 2025, 42(17): 2943-2950.
- [17] 葛新宝, 洪磊, 方征东. 3D 打印在复杂主动脉疾病腔内治疗中的应用[J]. 血管与腔内血管外科杂志, 2025, 11(9): 1177-1180.
- [18] 胡家乐, 蔚涛, 曹志, 等. 3D 打印辅助单髁置换手术对膝关节炎患者手术相关指标及膝关节活动度的影响[J]. 临床医学工程, 2025, 32(8): 895-898.
- [19] 钱福生, 覃佳强. 3D 打印个性化假体应用于儿童股骨远端骨肉瘤保肢技术的病例系列报道[J]. 陆军军医大学学报, 2025, 47(17): 2115-2123.
- [20] 万德余, 张珍珍, 孟红亚, 等. 复杂胫骨平台骨折术前 3D 打印模拟的意义[J]. 中国矫形外科杂志, 2025, 33(15): 1358-1364.
- [21] 戴益科, 尹合勇, 刁乃成, 等. 3D 打印胫骨假体旋转定位装置在全膝关节置换术中的应用效果[J]. 中华骨与关节外科杂志, 2025, 18(7): 606-612.
- [22] 李晋阳, 汤小迪, 虎鑫, 等. 采用 3D 打印一体式与组配式半骨盆假体重建骨盆恶性肿瘤全切术后骨盆环的对比分析[J]. 骨科临床与研究杂志, 2025, 10(4): 215-222.
- [23] 潘静波, 罗义岩, 王振海, 等. 3D 打印个性化截骨导板对全膝关节置换术后膝关节功能的影响[J]. 骨科临床与研究杂志, 2025, 10(4): 230-235.
- [24] 朱文韬. 双光子聚合 3D 打印构建仿生微结构用于表面抑菌[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 江汉大学, 2025.
- [25] 郭兴军, 李飞. 人工智能联合 3D 打印技术在胰腺外科规培教学中的应用研究[J]. 中国医学教育技术, 2025, 39(4): 500-504.
- [26] 杨宪法, 顾烨, 吕广霖, 等. 3D 打印建模下超细经皮肾镜与传统经皮肾镜手术在<4 cm 肾鹿角形结石治疗中的应用比较[J]. 中国临床研究, 2025, 38(10): 1520-1524.
- [27] 赵涛涛, 张扬, 张录强, 等. 3D 打印量化植骨辅助自体髂骨植骨联合锁定钢板内固定在老年肱骨近端粉碎性骨折中的疗效分析[J]. 中国现代医学杂志, 2025, 35(19): 92-98.
- [28] 艾合买提·艾买尔, 靳宏勇, 阿不力孜·司马义, 等. 3D 打印引导经皮肾镜治疗复杂性肾结石的临床研究[J]. 生物

医学工程与临床, 2025, 29(5): 643-649.

- [29] 安春雨, 刘佩雷, 等. 关节镜联合 3D 打印治疗三踝骨折患者的临床研究[J]. 黑龙江医学, 2025, 49(9): 1053-1056.
- [30] 孙绍铜, 刘军, 刘廷予, 等. 3D 打印人工椎体联合 PEEK-Cage 置入治疗颈椎后纵韧带骨化症短期疗效分析[J]. 局解手术学杂志, 2025, 34(4): 325-329.